

# ポイント・ツー・マルチポイント・ラベル・ スイッチド・パスによるメディアリッチ・ コンテンツ配信の最適化

---

## 目次

概要 .....	1
はじめに .....	1
一般的な要求、サービス、要件 .....	1
コンテンツ配信の最適化 .....	1
コンバージェンス・タイムと障害許容力 .....	2
パフォーマンス .....	2
運用の合理化と統合 .....	2
<b>PIM ベース配信モデルにおける制限 .....</b>	<b>2</b>
PIM ベースのサービス展開における課題 .....	2
マルチキャストおよびユニキャストのトラフィック制御不可 .....	3
高パフォーマンスな <b>P2MP LSP</b> を用いたマルチキャストベース・ロールアウトの最適化 .....	4
結論 .....	5
参考資料 .....	6
ジュニパーネットワークスについて .....	6

## 図目次

図 1：配信方式としての PIM を備えた MVPN と P2MP LSP の比較 .....	3
図 2：ポイント・ツー・ポイント LSP でのコンテンツ配信 .....	4
図 3：P2MP LSP での経済的なコンテンツ配信 .....	5

## 概要

ネットワークを流れるメディアリッチ・トラフィックが増えたことにより、コンテンツ配信を最適化することが大変重要になってきました。本文書はコンテンツ配信やブロードバンド・サービスのどのような点が困難なネットワークであるかを説明し、ポイント・ツー・マルチポイント (P2MP)・ラベル・スイッチド・パス (LSP) などの最新のテクノロジーがその解決策となることを示します。

## はじめに

通信会社やケーブルプロバイダー、大手金融機関、コンテンツ・サービス・プロバイダーは高度なユーザー・エクスペリエンスによってブランド力を高めつつ、収益性を高めることができるサービスの提供を模索しています。最近のメディアリッチ・サービスはコンテンツの挿入、変換、配布の最適化という面で新しい技術的課題に直面しています。サービスプロバイダーやコンテンツ・プロバイダー、ケーブル事業者はさまざまなチャネルを介してハイビジョン・コンテンツを提供することが増えてきています。また、よりいっそう洗練されたメディアリッチ・コラボレーション・ツールの提供も行っています。

たとえば、マルチサービス事業者 (MSO) は、テレビ会議や企業向けトリプルプレイセットなど、中規模および SOHO ビジネス向けの管理サービスを導入しています。これらのサービスは、レイヤー 2 またはレイヤー 3 の VPN サービスと最適化されたコンテンツ配信方式を組み合わせたものです。同様に実績のある方式はグローバル管理サービスプロバイダーでも使用され、サービス配信やコンテンツ配信のインフラを都市部、国内、および世界中に提供しています。サービスにはたいいていコンテンツ配信、キャッシュ、およびニュース放送やトランザクション・サービスなどのメディアリッチ・コラボレーション・ツールが含まれています。

こうしたサービスを提供するには規模や運用上の課題がたくさんあります。また、高品質を保障しつつ、安全に、障害許容力があり、かつ最高のコストパフォーマンスでマルチメディア・コンテンツを配信するためには VPN を補完する方式も必要となります。ジュニパーネットワークス® はこのような新しいアプリケーションの要件に完全に対応する P2MP LSP ソリューションを提供します。

## 一般的な要求、サービス、要件

プロバイダーが提供するサービスの数と種類が増えるにつれて、ネットワークに求められるものも変わってきています。妥協のないパフォーマンス、最適化されたコスト構造、遅延の少ないキャリアクラスの信頼性、すぐれた QoS が最重要のインフラ要件になってきています。

### コンテンツ配信の最適化

コンテンツ配信のマルチキャスト技術に関する選択肢は伝統的に限られており、その実装はインフラのコアにおける IP PIM (Protocol Independent Multicast) プロトコルをベースとしています。初期の PIM ベースのマルチキャストの配備はネットワーク事業者に一連の困難をもたらしました。

- **インフラをまたぐトラフィック・エンジニアリング (TE) とパス制御** IP マルチキャストではエンド・ツー・エンドの TE パスと QoS 保証が認められていません。これは IP マルチキャストのトラフィックが通る実際のパスやリンクおよびノード障害イベントの影響を決定するのが困難であるためです。P2MP ベースの技術を実装したマルチキャスト VPN (MVPN) はこの問題に解決方法を与えてくれます。コアにおいて PIM を不要とし、配備、メンテナンス、トラブルシューティングを簡素化することで、PIM と MPLS トポロジーの両方をサポートすることに関するいくつかの課題も解決されます。P2MP により、複数の分岐 LSP に対して静的および動的に経路選択を行う冗長パスを柔軟に設定することが可能となります。
- **サービス品質** 現在のほとんどの MPLS ネットワークは、利用可能な帯域のほんの数パーセントしか使用していません。また利用率は最大 50 パーセントまで許容されます。ブロードキャスト・サービスにおいては、この低いリンク利用率はコスト効率が良くありません。コンバージェンス・ネットワーク上でブロードキャスト、マルチキャスト、ユニキャストサービスが提供される場合、サービスや顧客に応じたネットワーク・トラフィックの制御能力を伴う実際の class-of-service の必要性が非常に高まります。RFC 2547bis、ベースの VPN、Layer 2 VPN、疑似回線、仮想プライベート LAN サービス (VPLS) などの高度なエンタープライズ向けの管理サービスでは、サービスの配信に MPLS の枠組みが必要です。
- **セキュリティとトラフィックの分離** 金融サービス、ニュースサービス、証券取引では、確実で精度の高いコンテンツと、遅延がほとんどないノンストップの運用が求められます。金融向けのアプリケーションには、セキュリティ上の防御のため、顧客に応じたマルチキャスト・トラフィックの分離が必要とされます。例えば、マルチキャスト・レシーバーはサービスの区別なくマルチキャスト参加要求を送信することができます。そのため、アクセスを制限するにはそれを区分化するための仕組みが必要です。IP マルチキャストによりブロードキャストに関する要件は実現されますが、MVPN サービスと P2MP 配信の仕組みを組み合わせることで提供されるセキュリティは十分に確保されません。

## コンバージェンス・タイムと障害許容力

重要なアプリケーションにはリンク、ノード、パス障害に対する防御機能のある優れたコンバージェンスが必要不可欠です。同様に、リアルタイム・アプリケーションをサポートし顧客を満足させ続けるために高レベルの障害許容力が要求されます。これらのアプリケーションが通常要求するのは 50 ミリ秒以下のコンバージェンス・タイムです。例えば、ビデオブロードキャストの場合、トラフィックの損失はカスタマー・エクスペリエンスの品質に悪影響を及ぼすため、損失の発生は許されません。TCP ストリーム内のデータフレームの損失とは対照的に、MPEG (Moving Picture Experts Group) ストリーム内の I フレームの損失は、映像品質の明らかな劣化を引き起こします。パケットネットワークを介して配信される映像の QoE は遅延要因とメディア損失率 (メディア配信インデックス) に基づいて測定されます。セッション・イニシエーション・プロトコル (SIP) の音声ストリーム上のフレーム損失は音声の品質にも影響を及ぼします。 (モバイルソリューションなどの) パケットネットワークを介する回線エミュレーターにも積極的なコンバージェンスが求められます。伝統的にブロードキャスト・ネットワークは、さまざまな接続形態を二重化することによって高可用性に対する要求を満たしてきましたが、それには、装置およびネットワーク・リソースの両方に費用を費やしていました。MPLS ではさまざまな接続形態の二重化に優るものとして、共通ネットワークのパスやリソースを共有せずに損失のない環境を提供するという独自の利点を備えています。

## パフォーマンス

昨今のハイビジョン映像への移行やハイビジョン・ブロードキャスト・チャンネル数の増加により、インフラレベルで高い処理能力への要求が高まっています。パケットネットワークで映像を配信するには、基本的なネットワーク・エレメントがパケット複製を行う高い能力を持ち、遅延、ジッター、パケット損失に対しての完璧なシステム特性を備えている必要があります。

映像放送で損失がないという要件を満たすには、ネットワーク・エレメントの優れた制御プレーンと転送パフォーマンスの両方が必要です。一般的な IGP (Interior Gateway Protocol) やマルチキャスト・プロトコルでは、リンクやノードの障害が発生した場合にネットワーク・コンバージェンスに何十秒もかかります。MPLS は、リンク、ノード、パスの障害に対し FRR (Fast Reroute) 機能を使用して防御するという特性があるので、明らかにその代替手段となりました。MPLS のリソース予約とトラフィック・エンジニアード・パスには OTT (over-the-top)、on-net、その他のプレミアムサービスにおいてさまざまなメリットがあります。

## 運用の合理化と統合

サービス配信要件はさまざまで、サービスプロバイダは複数のネットワークを保持する必要があります。そのため、配信コストがかなり増加する可能性があります。MPLS と P2MP LSP 共通の方式を使用することでコストをかなり抑えることができます。マルチキャスト・ベースの映像およびコンテンツ配信では PIM のような制御プレーンを使用した本来のマルチキャスト転送を行います。ポイント・ツー・ポイントのレイヤー 2 サービスでは制御プレーンおよびデータプレーン転送に MPLS と LDP のインフラが必要です。VPLS E-LAN (Ethernet LAN) サービスではポイント・ツー・ポイントのレイヤー 2 回線を複数使用してブロードキャスト・ネットワークをエミュレートします。管理通信サービス向けのレイヤー 2 およびレイヤー 3 の VPN には BGP、MPLS、LDP の技術が必要です。一方、マルチキャスト VPN にはサービス配信に MPLS、GRE、および PIM ベースの技術が要求されます。ビデオ・オン・デマンド (VOD) サービスには、完全なネットワークパスや映像源用リソースを確保するためにコール・アドミッション方式が必要です。

## PIM ベース配信モデルにおける制限

PIM インフラでの IP マルチキャストはブロードキャストおよびマルチキャスト・サービスの要件を満たすことはできません。

## PIM ベースのサービス展開における課題

PIM ネットワークは統合ルーティングプロトコルに依存しているため、一秒未満のコンバージェンス・タイムは保証できません。マルチキャスト・ルーティングに依存する多くのサービスが同じようなパス (IGP が計算する最短のパス) を使用する傾向があるので、PIM によるトラフィックパスの制御には限界があります。このアプローチによって、一部のネットワーク・セグメントの過使用、ネットワークでの負荷分散が最適でない、リンクの使用が不十分などの結果になることがあります。また、帯域が利用できない場合やノード、リンク、パスの障害が発生した場合に、サービスが低下する場合もあります。

PIM インフラでの IP マルチキャスト	P2MP MPLS LSP TE ネットワーク
リソース予約方式が使用不可。	MPLS RSVP によるリソース予約。
PIM は、コアインフラにユニキャスト・ネットワークとは異なる運用体制を必要とする。	ユニキャストとマルチキャストのトラフィックに共通の運用体制を提供することで運用を簡素化する。
ネットワーク障害発生後、PIM は数秒のコンバージェンス・タイムを必要とする。	MPLS 高速障害回復 (Fast Reroute) を使用する。
PIM にはマルチキャスト・トラフィック・パスの制御機能がない。全サービスは従来の IGP アルゴリズムが定義する共通パスに従う。異なるマルチキャスト・アプリケーションによってパスをカスタマイズするのは手間がかかる。	トラフィック・エンジニアリングを使用することで、異なる E-LSP および L-LSP パスをアプリケーション要件とネットワーク状態 (利用レベルや輻輳など) に応じて明確に定義することができるようになる。
PIM はスケーリング・パフォーマンスを制限する RPF (Reverse Path Forwarding) ユニキャスト・ルート交換方式を必要とする。	PIM と RPF の両方を使用する必要をなくすことでネットワークのオーバーヘッドを削減する。
配信方式としての PIM を備えた MVPN には、PIM と MPLS の両方のインフラを連携して動作させることが必要である。プロトコルの複雑さやユニキャストでの PIM、IP-in-IP (GRE)、および MPLS 間の相互依存度が増すので、従来の MVPN 実装ではネットワークの運用は困難である。	P2MP LSP を備えた次世代 MVPN では、より大きなトラフィックの細分化、セキュリティ、および帯域の最適化が可能になり、複雑さや配信要件を最低限に抑える。
PIM MVPN にはスケーリング上の制限がある。各プロバイダーエッジ (PE) は各 VRF (VPN routing and forwarding) テーブルに合うようにリモート PE との PIM 隣接状態を維持する必要がある。	P2MP や LSP を備えた MVPN にはこのような PIM スケーリング上の問題はまったくない (図 1)。

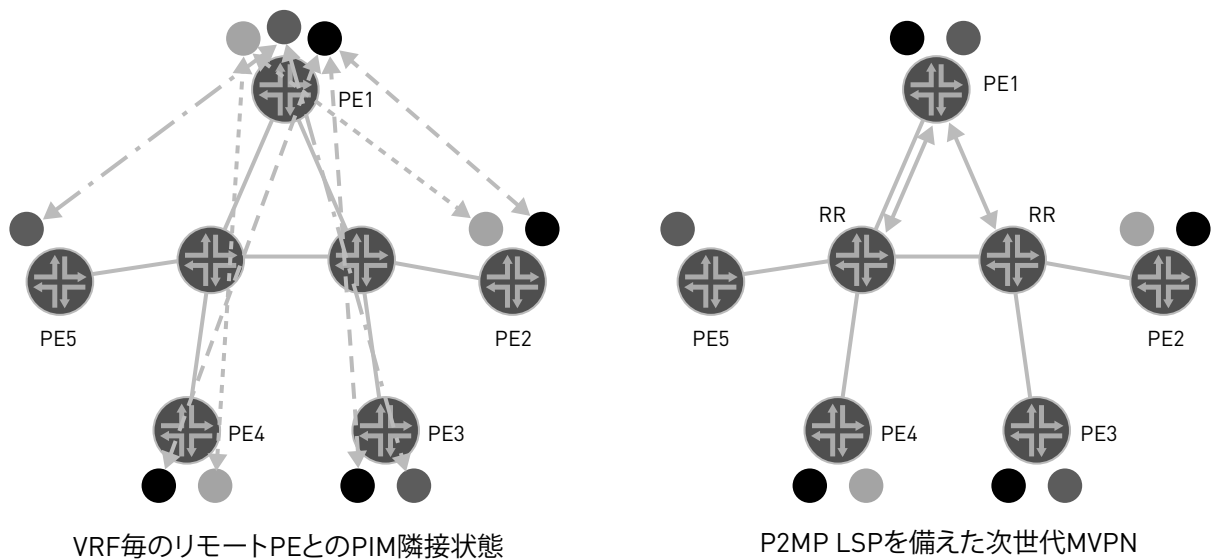


図 1: 配信方式としての PIM を備えた MVPN と P2MP LSP の比較

### マルチキャストおよびユニキャストのトラフィック制御不可

プロバイダーの多くは依然としてポイント・ツー・ポイントの伝送技術に依存してブロードキャストやマルチキャストのサービスを提供しています。たとえば、VPLS ベースの最近の都市部のイーサネットサービスは事実上レイヤー 2 で、PIM のコアを使用することはできません。そこでネットワーク・エレメントはブロードキャスト・パケットとマルチキャスト・パケットをポイント・ツー・ポイント MPLS LSP を使用して着信側 PE すべてにコピーします。こうしたサービスでは受信側 PE に容易に閉塞ポイントができます (図 2)。同じ組み合わせのノード間でのネットワーク上のマルチキャスト・トラフィックはすべて同じパスを通り、ネットワーク・リソースの使用効率を低下させます。また、このアプローチでは、リンクやノードの障害発生を防御するための帯域や高可用性モデリングの課題も生じます。

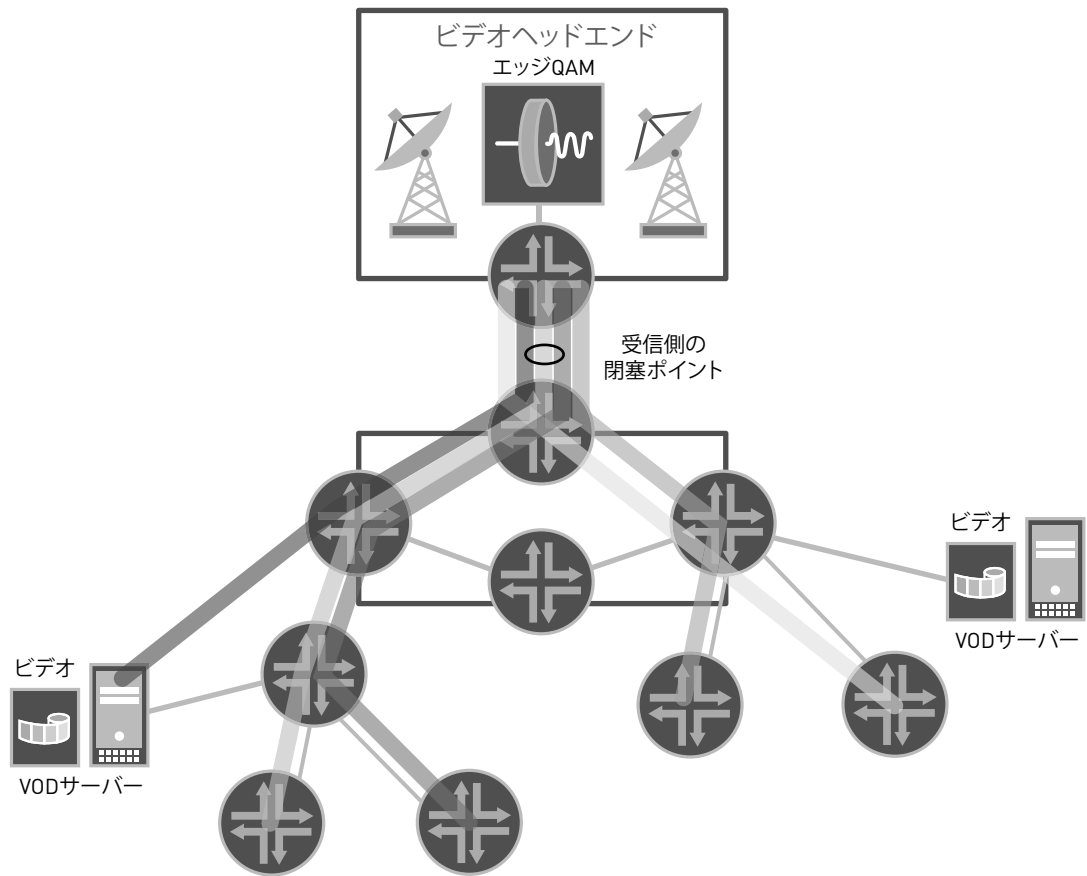


図 2：ポイント・ツー・ポイント LSP でのコンテンツ配信

## 高パフォーマンスな P2MP LSP を用いたマルチキャストベース・ロールアウトの最適化

ジュニパーネットワークスは MPLS を用いてポイント・ツー・マルチポイント通信を提供する新技術を開拓しました。本技術は主要な電気通信ベンダーがサポートするオープンな業界標準です。

P2MP LSP は複数の宛先を持つ LSP です。原則的に MPLS レイヤー上のネットワーク要素 (ルーターおよび MPLS スイッチ) の複製能力に作用します。このようなアプローチで複数のユニキャストストリームを排除し、関連する全ての (あるいは指定した) 分岐ルーター / MPLS スイッチ上の MPLS パケットを複製することにより帯域を最適化します。MPLS レベルで複製できる P2MP LSP の能力を利用すれば、レガシーなマルチキャスト展開における致命的な欠陥に対処することができます。

P2MP LSP は、トラフィック・エンジニアリングやサービストラフィックに対するより良い制御 (ユニキャストおよびマルチキャスト)、高度なセキュリティ、高速コンバージェンス、そしてその扱いやすさなど、豊富で実績のある MPLS 性能の全てを活用します。そしてレイヤー 2 およびレイヤー 3 で確立された VPN サービスは依然として非常に優れた経費節減能力を発揮します。例えば P2MP LSP では、50 ミリ秒以下というコンバージェンス時間を実現し既に実績もある障害回復 (Fast Reroute) 方式を利用して、映像やその他のリアルタイム・アプリケーション用に優れたパス、ノード、リンク障害復旧時間を提供します (図 3)。P2MP LSP はまた、不安定なマルチキャスト・ルーティング・プロトコルの必要性を排除し、その複雑さを低減します。MVPN に関しては、ジュニパーネットワークスのソリューションにより P2MP LSP と MVPN をダイレクトに一体化させることにより、MPLS や VPN IGP、PIM、場合によっては GRE も平行して管理しなければならないという厄介な問題を回避します。VPLS の場合、P2MP LSP 上でトラフィックを移行することにより受信レプリケーション閉塞ポイントを排除します。

ここ 9 ~ 12 ヶ月のあいだ、コスト効率の高さを誇るこれらのメリットは主要なサービスプロバイダや MSO、コンテンツ配信ネットワーク (CDN) を支える原動力となっており、ネットワークをアップグレードして P2MP を利用する動きが続々と見られるようになってきました。

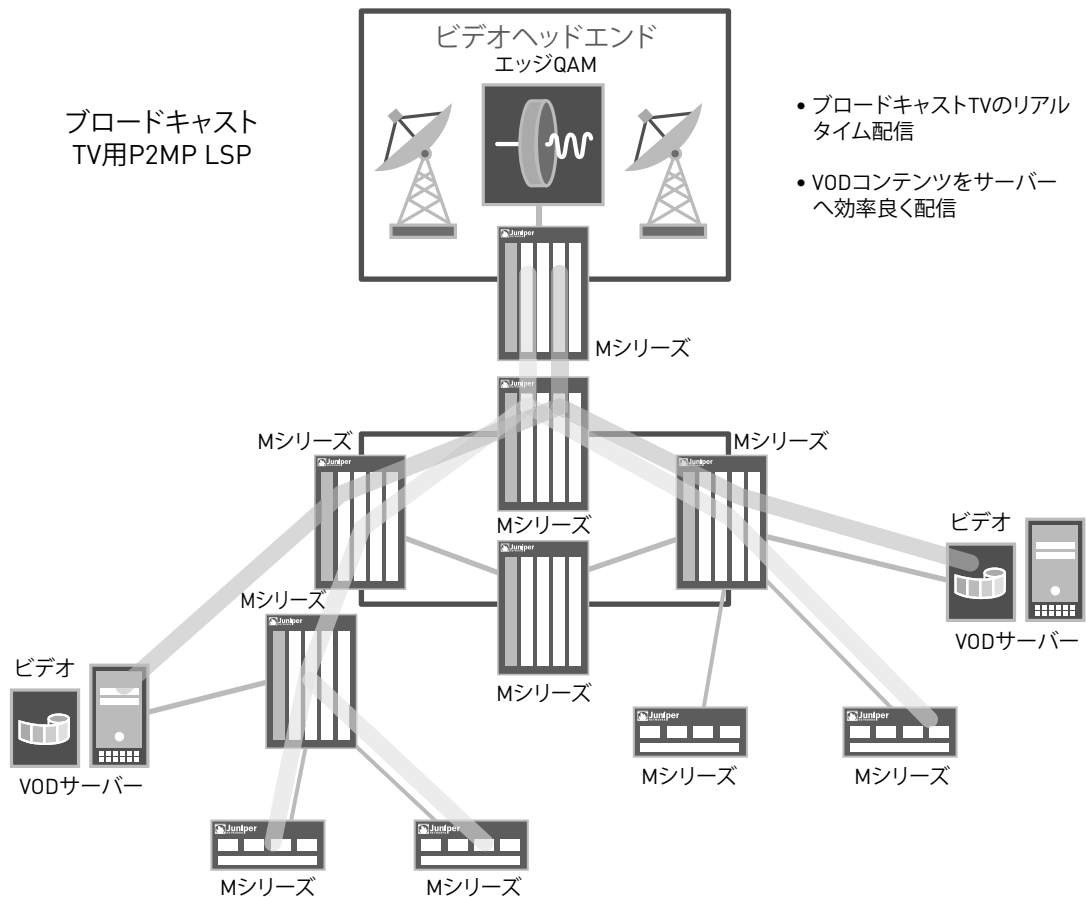


図 3 : P2MP LSP での経済的なコンテンツ配信

## 結論

PIM ベースネットワークのロールアウトおよびサービスは、ネットワークにおいて不安定なマルチキャスト・プロトコルを実装する必要があり、そこには複雑性が伴います。また、IP VPN、VPLS、または E-LAN サービスの一環としてマルチキャストや MPLS を実装するにはさらに複雑になります。

それとは対照的に、P2MP LSP は PIM ベースでの従来の実装と比較すると以下のようなメリットを提供いたします。

- トラフィック・エンジニアリングおよびパス制御
- 制約ベースルーティングでの帯域予約
- ネットワーク全体の QoS 保証
- 異なるサービスやアプリケーション用にカスタマイズされたパス選択を利用するトラフィック細分化
- VPLS の受信閉塞ポイントの排除 (マルチキャスト配信はしない)
- 障害許容力と高可用性
- 高速障害回復 (Fast Reroute) を利用した高速コンバージェンス (IP 再コンバージェンスの代替)
- 運用の合理化および統合
- 分かりやすいトラブルシューティング (決定論的パス)
- 異なるポイント・ツー・ポイント / マルチポイントサービスを配信するための一貫した MPLS 運用モデル
- ネットワークやルーターのオーバーヘッド削減

## 参考資料

トラフィック・エンジニアリングを利用した世界初の映像用 MPLS ネットワーク (2005 年 5 月発表)  
[http://findarticles.com/p/articles/mi\\_m0EIN/is\\_2005\\_May\\_19/ai\\_n13729744](http://findarticles.com/p/articles/mi_m0EIN/is_2005_May_19/ai_n13729744)

ITV 用 IP/MPLS ブロードキャスト・ネットワーク  
[http://findarticles.com/p/articles/mi\\_m0ECZ/is\\_2005\\_May\\_20/ai\\_n13830047](http://findarticles.com/p/articles/mi_m0ECZ/is_2005_May_20/ai_n13830047)

Orange UK : IPTV 配信用の MPLS P2MP LSP  
<http://uppersideconferences.com/mpls2008/mpls2008agendaupdates.htm>

MPLS でのポイント・ツー・マルチポイントのトラフィック・エンジニアリング  
[http://media.frnog.org/FRn0G\\_8/FRn0G\\_8-2.pdf](http://media.frnog.org/FRn0G_8/FRn0G_8-2.pdf)

## ジュニパーネットワークスについて

ジュニパーネットワークスは、ハイパフォーマンス・ネットワーキングのリーダーです。サービスおよびアプリケーションの一元化されたネットワークにおける展開を加速するのに不可欠な、即応性と信頼性の高い環境を構築するハイパフォーマンスなネットワーク・インフラストラクチャを提供するジュニパーネットワークスは、お客様のビジネス・パフォーマンスの向上に貢献します。ジュニパーネットワークスに関する詳細な情報は、以下の URL でご覧になれます。

<http://www.juniper.net/jp>

日本  
ジュニパーネットワークス株式会社  
東京本社  
〒163-1035  
東京都新宿区西新宿3-7-1  
新宿パークタワーN棟35階  
電話 03-5321-2600  
FAX 03-5321-2700

西日本事務所  
〒541-0041  
大阪府大阪市中央区北浜1-1-27  
グランクリュ大阪北浜

URL <http://www.juniper.net/jp>

米国本社  
Juniper Networks, Inc.  
1194 North Mathilda Ave  
Sunnyvale, CA 94089  
USA

電話 888-JUNIPER  
(888-586-4737)  
または 408-745-2000  
FAX 408-745-2100

URL <http://www.juniper.net>

アジアパシフィック  
Juniper Networks (Hong Kong) Ltd.  
26/F  
Cityplaza One  
1111 King's Road,  
Taikoo Shing, Hong Kong

電話 852-2332-3636  
FAX 852-2574-7803

ヨーロッパ、中東、アフリカ  
Juniper Networks Ireland  
Airside Business Park  
Swords, County Dublin  
Ireland

電話 35-31-8903-600  
FAX 35-31-8903-601

Copyright© 2009, Juniper Networks, Inc. All rights reserved.

Juniper Networks、JUNOS、NetScreen、ScreenOS、Juniper Networks ロゴ、および JUNOSel は、米国およびその他の国における Juniper Networks Inc. の登録商標または商標です。また、その他記載されているすべての商標、サービスマーク、登録商標、登録サービスマークは、各所有者に所有権があります。ジュニパーネットワークスは、本資料の記載内容に誤りがあった場合、一切責任を負いません。ジュニパーネットワークスは、本発行物を予告なく変更、修正、転載、または改訂する権利を有します。